Iranian Journal of Animal Science Research
Homepage: http://ijasr.um.ac.ir



Research Article
Vol. 17, No.1, 2025, p. 49-61



Ali Tayebipour[1], Reza Majidzadeh Heravi[2*], Hassan Kermanshahi

1- Ph.D. Student, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
2- Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
3- Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
*Corresponding Author's Email: rmajidzadeh@um.ac.ir

Received: 14-06-2024 Revised: 19-11-2024 Accepted: 02-12-2024 Available Online: 23-04-2025	**How to cite this article:** Tayebipour, A., Majidzadeh Heravi, R., & Kermanshahi, H. (2024). Investigating the effects of different sources and levels of zinc, copper, manganese, and iron on the performance, blood parameters, and tibia characteristics of broiler chickens during the grower and finisher periods. *Iranian Journal of Animal Science Research*, *17*(1), 49-61. (in Persian with English abstract). http://doi.org/10.22067/IJASR.2024.88496.1204

Introduction: Insufficient minerals play a crucial role in various physiological functions such as digestive, and metabolic processes within the body. They act as cofactors in many enzymes and serve as catalysts in enzyme systems. These substances also contribute to the immune system and hormone secretion pathways (Tom *et al*., 2003). Zinc, copper, manganese, and iron are micro-elements that play essential roles in the growth, development, bone tissue formation, and immunity of broiler chickens (Echeverry *et al*., 2016; M'Sadeq *et al*., 2018). Zinc acts as an antioxidant, protecting cell membranes against peroxidation (Olivares *et al*., 2007). It also exhibits synergistic effects with vitamin E and polyphenols (Wołonciej *et al*., 2016). Copper is vital for growth, enzyme activity, and reproduction. It plays a significant role in various enzyme activities, such as ceruloplasmin, cytochrome oxidase, and superoxide dismutase, which help protect cells against oxidative stress (Hussein and Staufenbiel, 2012). Iron interacts with other elements, particularly copper, acting as a catalyst in oxidation reactions (Wołonciej *et al*., 2016). Manganese is also crucial for fetal growth, body weight gain, bone growth, and reproduction (Olgun, 2017).

Materials and Methods: To investigate the impact of different sources and levels of zinc, copper, manganese, and iron on the performance, blood parameters, and tibia characteristics of broiler chickens during the grower and finisher periods, 1250 broiler chickens from the Ross 308 strain were divided into 10 experimental treatments. Each treatment consisted of 5 replicates with 25 observations in a completely randomized design. The experimental treatments included mineral elements (zinc, copper, manganese, iron) from two organic and inorganic sources at levels of 40, 60, 80, 100, and 120% of the requirements during the grower and finisher periods. Blood samples were collected from two chicks in each replicate at 42 days of age and analyzed for various parameters at the laboratory of Razavi Hospital in Mashhad.

Results and Discussion: The effects of different levels of organic and inorganic minerals (zinc, copper, manganese, iron) on the performance of Ross 308 broiler chickens during the grower, finisher, and entire experimental periods are presented in Table 2. The results indicated significant effects of different treatments on body weight gain, feed consumption, and feed conversion ratio across all periods. The highest body weight gain during the grower period was observed in groups receiving 120%, 100%, and 80% of organic mineral



http://doi.org/10.22067/IJASR.2024.88496.1204

requirements and 120% of inorganic requirements. Daily feed consumption was highest in the group receiving 40% of inorganic and organic mineral requirements and lowest in groups receiving 80%, 100%, and 120% of inorganic and 60%, 80%, 100%, and 120% of organic requirements. The feed conversion ratio was significantly higher in groups receiving 40% of organic and inorganic requirements compared to other groups during the grower period. In the finisher period, the highest daily body weight gain was observed in groups receiving 120%, 100%, 80% of organic mineral requirements and 120%, 100% of inorganic mineral requirements. Daily feed consumption was significantly lower in groups receiving 100%, 120% of inorganic mineral requirements and 120%, 100%, 80%, 60% of organic requirements during the finisher period. Throughout the rearing period (11-42 days), daily body weight gain was significantly higher in groups receiving 120%, 100% of organic mineral requirements and 120% of inorganic mineral requirements. Daily feed consumption was highest in the group receiving 40%, 60% of mineral requirements from inorganic sources.

Conclusion: The study results demonstrate that different sources and levels of recommended mineral requirements have significant effects on performance, bone mineral storage, and bone physical properties. The lowest feed conversion ratio during the entire rearing period was observed in groups receiving 80%, 100%, and 120% of the requirements from organic and mineral sources. Daily weight gain was significantly higher in groups receiving 100%, 120% of the recommended requirements of organic minerals compared to other groups. Zinc, copper, manganese, and iron stored in bones were significantly higher in groups receiving 80%, 100%, 120% of the recommended requirements of organic minerals and 100%, 120% of the recommended inorganic requirements. Fracture energy was significantly higher in groups receiving 120%, 100%, 80% organic and inorganic minerals. Based on the findings, it is recommended to use 80% of minerals in organic form due to its high storage capacity in the tibia bone and its ability to achieve performance similar to 100% and 120% of the requirements from organic and inorganic sources.

Keywords: Blood parameters, Broiler chickens, Minerals, Performance, Tibia

نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
Homepage: http://ijasr.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۱۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۴، ص. ۶۱-۴۹

مطالعه تأثیر منبع و سطح عناصر روی، مس، منگنز و آهن بر عملکرد، فراسنجه‌های خونی و ویژگی‌های استخوان درشت‌نی مرغ‌گوشتی در دو دوره رشد و پایانی

علی طیبی پور[۱]، رضا مجیدزاده هروی[۲*]، حسن کرمانشاهی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۱۲

چکیده

این پژوهش به‌منظور بررسی اثر منابع و سطوح مختلف عناصر معدنی بر عملکرد، فراسنجه‌های خونی و ویژگی‌های استخوان درشت‌نی مرغ‌گوشتی در دو دوره رشد و پایانی انجام شد. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی به‌روش فاکتوریل ۵ × ۲ با دو منبع عناصر کیلاته آلی و غیرآلی در پنج سطح (۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد احتیاجات توصیه‌شده) با استفاده از ۱۲۵۰ قطعه مرغ گوشتی سویه راس ۳۰۸ در پنج تکرار و ۲۵ قطعه مرغ در هر تکرار اجرا شد. افزایش وزن روزانه، مصرف خوراک، ضریب تبدیل خوراک در دوره رشد، پایانی و کل دوره، همچنین فراسنجه‌های خونی و استحکام و محتوای عناصر معدنی استخوان درشت‌نی در ۴۲ روزگی اندازه‌گیری شد. در کل دوره پژوهش (۴۲-۱۱روزگی) افزایش روزانه به‌طور معنی‌داری در گروه‌های دریافت‌کننده ۱۲۰ و ۱۰۰ درصد احتیاجات مواد معدنی به‌شکل آلی و ۱۲۰ درصد احتیاجات به‌شکل غیرآلی بیشتر از سایر گروه‌ها مشاهده شد. بیشترین میزان مصرف‌خوراک روزانه به‌طور معنی‌داری مربوط به گروه دریافت‌کننده ۴۰ و۶۰ درصد احتیاجات از مواد معدنی غیرآلی بود. در کل دوره آزمایش، کمترین ضریب تبدیل خوراک در گروه‌های دریافت‌کننده ۱۲۰ و ۱۰۰ درصد احتیاجات مواد معدنی آلی و ۱۲۰ درصد احتیاجات مواد معدنی غیرآلی به‌دست آمد. ذخیره مواد معدنی استخوان در گروه‌های دریافت‌کننده ۸۰، ۱۰۰و ۱۲۰ درصد احتیاجات توصیه‌شده مواد معدنی آلی و ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد احتیاجات توصیه‌شده مواد معدنی غیرآلی به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر گروه‌ها بود. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، استفاده از ۸۰ درصد مواد معدنی به‌شکل آلی به‌دلیل عملکرد مشابه با ۱۰۰و ۱۲۰ درصد احتیاجات منابع آلی و غیرآلی توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: استخوان درشت‌نی، عملکرد، فراسنجه‌های خونی، مرغ‌گوشتی، مواد معدنی

مقدمه

مواد معدنی کم‌نیاز در چندین فرآیند فیزیولوژیکی، گوارشی و سوخت‌وساز بدن و همچنین در ساختار بسیاری از آنزیم‌ها نقش دارند. همچنین این مواد در سیستم ایمنی و مسیرهای ترشح هورمون شرکت می‌کنند (Tom *et al*., 2003). عناصر کم‌نیاز روی، مس، منگنز و آهن از جمله عناصری هستند که در رشدونمو، شکل‌گیری بافت استخوانی و ایمنی مرغ گوشتی نقش ایفا می‌کنند (Echeverry *et al*., 2016 ;M'Sadeq *et al*., 2018). عنصر روی به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان میانی عمل می‌کند و از غشاهای سلولی در برابر پراکسیداسیون محافظت می‌کند (Olivares *et al*., 2007) همچنین با ویتامین E و پلی فنل‌ها اثرات هم‌افزایی ایجاد می‌کند (Wołonciej *et al*., 2016). این عنصر جزئی از آنزیم سوپراکسید دیسموتاز بوده و از تولید رادیکال‌های آزاد در بدن جلوگیری می‌کند (Winiarska-Mieczan *et al*., 2020). مس نقش مهمی در رشد، فعالیت آنزیم‌ها و تولیدمثل دارد. از جمله آنزیم‌هایی که عنصر مس در آن‌ها نقش دارد می‌توان به آنزیم سرولوپلاسمین (جابه‌جایی آهن برای سنتز هموگلوبولین)، سیتوکروم اکسیداز (زنجیره انتقال الکترون با سنتز فسفولیپید) سوپراکسیددیسموتاز (تبدیل رادیکال آزاد سوپراکسید به پراکسید هیدروژن، محافظت از سلول‌ها در مقابل تنش اکسیداتیو) اشاره کرد (Hussein and Staufenbiel, 2012). عنصر آهن با سایر عناصر به‌ویژه با مس که یک کاتالیزور در واکنش‌های اکسیداسیون است، تعامل دارد. (Wołonciej *et al*., 2016). عنصر منگنز نیز در رشد جنین، افزایش وزن بدن، رشد استخوان و تولیدمثل

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی دکتری، دانشیار و استاد، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: rmajidzadeh@um.ac.ir
http://doi.org/10.22067/ijasr.2024.88496.1204

نقش دارد (Olgun, 2017). همچنین در متابولیسم کربوهیدرات‌ها و لیپیدها نقش دارد و در حین متابولیسم آن‌ها، آنزیم‌هایی را فعال می‌کند که می‌توان به پیروات کربوکسیلاز، گلیکوزید ترانسفراز، آرژیناز، گلوتامین سنتتاز و سوپراکسید دیسموتاز اشاره کرد (Suttle, 2022). عناصر آهن، روی، مس و منگنز میزان ذخیره‌سازی بسیار پایینی دارند، در ارتباط با مصرف مواد معدنی، در سویه‌های تجاری جدید جوجه‌گوشتی مقادیر بالاتر از حد نیاز در تنظیم جیره در نظر گرفته می‌شود و این امر منجر به ایجاد فشار متابولیکی به حیوان و همچنین دفع مواد معدنی مازاد می‌شود. مواد معدنی آلی با داشتن قابلیت جذب بالاتر و اثرات متقابل بین عناصر کمتر، زیست‌فراهمی بالاتر و دفع کمتر از مواد معدنی سولفاته و اکسیده، مشکلات آلودگی محیط زیست را کمتر کرده و با زیست‌فراهمی بالاتر میزان مصرف را نیز کمتر می‌کند (Zhu *et al.*, 2019). امروزه تلاش بسیاری جهت شناسایی، ارزیابی و جایگزینی عناصر آلی کم‌نیاز با عناصر معدنی آن که دارای زیست‌فراهمی بهتر نیز هستند، صورت گرفته است (Nollet *et al*., 2007; Dobrzanski *et* Ghasemi *et al*., 2020; *al*., 2008). بنابراین، هدف از این مطالعه بررسی اثر سطوح مختلف منابع معدنی و آلی عناصر مس، آهن، منگنز بر عملکرد، فراسنجه‌های خونی و خصوصیات استخوان درشتنی در مرغ گوشتی در دوره رشد و پایانی بود.

مواد و روش‌ها

تقسیم‌بندی پرنده‌ها و گروه‌های آزمایشی

به‌منظور بررسی اثر منابع و سطوح مختلف عناصر روی، مس، منگنز و آهن بر عملکرد، فراسنجه‌های خونی و ویژگی‌های استخوان درشتنی مرغ گوشتی در دو دوره رشد و پایانی، تعداد ۱۲۵۰ جوجه گوشتی راس ۳۰۸ یک روزه در ۱۰ تیمار آزمایشی و هر تیمار دارای پنج تکرار با ۲۵ مشاهده در قالب طرح کاملاً تصادفی تقسیم شدند. تیمارهای آزمایشی شامل مکمل عناصر روی، مس، منگنز و آهن، با دو منبع آلی (کیلاته با متیونین) و معدنی (به‌شکل اکسید) در سطوح ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد احتیاجات طی دوره رشد و پایانی بود. مواد معدنی کیلاته و معدنی از شرکت زیست پایش پارس (تهران- ایران) تهیه شد.

جیره‌های آزمایشی

جیره‌های آزمایشی براساس احتیاجات جوجه گوشتی راس ۳۰۸ (۲۰۱۸) با استفاده از جیره‌های بر پایه ذرت و سویا تنظیم شد (جدول ۱). طبق دستورالعمل پرورش این سویه، پرنده‌ها در سه دوره آغازین، رشد و پایانی پرورش یافتند که جوجه‌ها در دوره آغازین، خوراک یکسان دریافت کردند.

میزان روی، مس و منگنز و آهن موجود در هرکدام از جیره‌های غذایی ۲۳-۱۱ روزگی و ۴۲-۲۴ روزگی در آزمایش در جدول ۲ به‌صورت محاسبه و آنالیزشده گزارش شده است.

اندازه‌گیری‌ها

عملکرد و فراسنجه‌های خونی

افزایش وزن روزانه، میزان خوراک مصرفی و ضریب تبدیل خوراک در انتهای دوره‌های رشد (۱۱- ۲۴ روزگی) و پایانی (۲۵-۴۲ روزگی) و در کل دوره آزمایش (۱۱-۴۲ روزگی) با استفاده از رکوردبرداری‌های انجام‌شده هر تکرار به‌کمک ترازوی دیجیتال با دقت یک گرم محاسبه گردید. خوراک مصرفی تلفات با استفاده از معادله روز مرغ در مصرف خوراک هر تکرار محاسبه شد. ضریب تبدیل از تقسیم مجموع خوراک مصرف‌شده بر مجموع افزایش وزن هر دوره در هر تکرار محاسبه گردید.

جهت تعیین فراسنجه‌های خونی در سن ۴۲ روزگی از هر تکرار دو قطعه جوجه به‌صورت تصادفی انتخاب و خون‌گیری از طریق ورید بال با استفاده از سرنگ‌های هپارینه انجام گرفت. نمونه‌ها بلافاصله با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شد و پلاسمای جداشده به داخل میکروتیوب انتقال یافت و در یخچال ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید تا به‌منظور اندازه‌گیری فراسنجه‌های خونی (میزان کلسترول، پروتئین کل، HDL، LDL، آلکالین فسفاتاز و آسپارتات آمینوترانسفراز) به آزمایشگاه (بیمارستان فوق تخصص رضوی مشهد) انتقال یافت.

تخمین ذخایر روی، مس، منگنز، آهن و استحکام استخوان درشتنی

جهت ارزیابی استحکام استخوان درشتنی در سن ۴۲ روزگی از هر تکرار دو قطعه مرغ کشتار شد و استخوان درشتنی پای چپ آن که عاری از هرگونه بافت و گوشت شده بود، درون یک پلاستیک فریزر نگهداری شده و به آزمایشگاه انتقال داده شد و طول و قطر با استفاده از کولیس با دقت ۰/۰۵ میلی‌متر و وزن با استفاده از ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ گرم و وزن مخصوص آن از طریق قانون ارشمیدس اندازه‌گیری گردید (Asmundson and Baker, 1940) برای تخمین وزن مخصوص وزن استخوان در هوا و در آب اندازه گیری و در معادله ۱ قرار داده شد.

$$\rho = \frac{m}{v}$$ معادله (۱)

جدول ۱- اجزاء تشکیل‌دهنده و ترکیب مواد مغذی جیره پایه مرغ‌های گوشتی (۴۲-۱۱ روزگی)

Table 1- The ingredient and nutrient composition of basal diet to broiler chickens (11-42 days)

اقلام خوراکی (درصد) Ingredients (percentage)	رشد ۲۳-۱۱ روزگی Grower 11-23 days	پایانی ۴۲-۲۴ روزگی Finisher 24-42 days
ذرت Corn	56.34	61.50
(پروتئین خام ۴۴٪)کنجاله سویا Soybean meal (CP 44%)	28.72	23.27
گلوتن ذرت Corn gluten	7.00	7.00
روغن گیاهی Vegetable oil	3.67	4.24
کلسیم کربنات Calcium carbonate	1.13	1.05
دی کلسیم فسفات Di-calcium phosphate	1.57	1.42
نمک طعام NaCl	0.37	0.37
دی ال – متیونین DL-methionine	0.24	0.21
ال- لایزین L-lysine	0.38	0.38
ترئونین Threonine	0.08	0.06
مکمل ویتامینه[۱] Vitamin- premix[1]	0.25	0.25
مکمل معدنی[۲] Mineral- premix	0.25	0.25
ترکیبات شیمیایی جیره Chemical compounds of the diet		
انرژی قابل متابولیسم (کیلو کالری بر کیلوگرم) ME, kcal/kg	3100	3200
پروتئین خام (درصد) CP %	21.5	19.5
کلسیم (درصد) Ca%	0.87	0.79
فسفر قابل دسترس (درصد) Available P %	0.43	0.39
لایزین قابل هضم (درصد) Digestible lysine %	1.29	1.16
متیونین قابل هضم (درصد) Digestible methionine %	0.62	0.47
متیونین + سیستین قابل هضم (درصد) Digestible methionine + cystein %	0.99	0.91
ترئونین قابل هضم (درصد) Digestible threonine %	0.88	0.78

[۱] هرکیلوگرم مکمل ویتامینه شامل ۱۱۰۲۵ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۳۵۲۸ واحد بین‌المللی ویتامین D_3، ۳۳ واحد بین‌المللی ویتامین E، ۰/۹۱ میلی‌گرم ویتامین K_3، ۰/۱۸ گرم ویتامین B_1، ۰/۸۲۵ گرم ویتامین B_2، یک گرم ویتامین B_3، سه گرم ویتامین B_5، ۰/۳ گرم ویتامین B_6، ۰/۱۲۵ گرم ویتامین B_9، ۰/۱۵ گرم ویتامین B_{12} و ۵۰ گرم کولین کلراید است.

[۲] هرکیلوگرم مکمل معدنی حاوی ۱/۲۵ میلی‌گرم ید و ۰/۳ میلی‌گرم سلنیوم است.

[1] Vitamin permix supplied the following, per kilogram of diet: vitamin A, 11025 IU; vitamin D_3, 3528 IU; vitamin E, 33 mg; vitamin K_3, 0.91 mg; Vitamin B_1, 0.18 g; Vitamin B_2, 0.825 g; Vitamin B_3, 1.00g; Vitamin B_5, 3.00 g; Vitamin B_6, 0.30g; Vitamin B_9, 0.125g; Vitamin B_{12}, 0.15g; choline chloride, 50g.

[2] Mineral permix supplied the following per kilogram of diet: I (calcum iodate), 1.25g; Se (Sodum selenite), 0.3 g.

جدول ۲- مقادیر روی، مس، منگنز و آهن اضافه‌شده به جیره و مقدار اندازه گیری‌شده در جیره

Table 2- Amounts of zinc, copper, manganese and iron added to the diet and the amount measured in the diet

متغیر Item	درصد احتیاجات Requirements (%)	رشد ۲۳-۱۱ روزگی Grower 11-23 days								پایانی ۴۲-۲۴ روزگی Finisher 24-42 days							
		محاسبه شده Calculated				اندازه‌گیری شده Measured				محاسبه شده Calculated				اندازه‌گیری شده Measured			
		روی Zn	مس Cu	منگنز Mn	آهن Fe	روی Zn	مس Cu	منگنز Mn	آهن Fe	روی Zn	مس Cu	منگنز Mn	آهن Fe	روی Zn	مس Cu	منگنز Mn	آهن Fe
		(میلی‌گرم در کیلوگرم) (mg/kg)															
مکمل غیرآلی Inorganic mineral	40	44	6.4	48	8	46	7	52	9	44	6.4	48	8	48	8.3	52	9.1
	60	66	9.6	72	12	67	10	77	14	66	9.6	72	12	67	9.4	76	12
	80	88	12.8	96	16	89	13	100	15	88	12.8	96	16	83	13	100	16
	100	110	16.0	120	20	111	19	118	23	110	16.0	120	20	112	17	124	22
	120	132	19.2	144	24	136	21	145	24	132	19.2	144	24	124	20	148	25
مکمل آلی Organic mineral	40	44	6.4	48	8	45	6	53	8	44	6.4	48	8	46	8.1	56	9
	60	66	9.6	72	12	65	9	72	12	66	9.6	72	12	63	9.7	77	13
	80	88	12.8	96	16	91	13	98	16	88	12.8	96	16	83	13	98	15
	100	110	16.0	120	20	115	16	122	21	110	16.0	120	20	119	18	121	23
	120	132	19.2	144	24	136	22	151	24	132	19.2	144	24	131	19	146	24

که در آن، m: وزن استخوان در هوا و v: تفاوت وزن استخوان در هوا و در آب می‌باشد.

استحکام استخوان با استفاده از روش کوکاباگلی (Kocabagli., 2001) اندازه‌گیری شد. استخوان درشت نی پای راست نیز برای ارزیابی میزان ذخیره مواد معدنی مورد استفاده قرار گرفت. برای ارزیابی میزان خاکستر و منگنز، استخوان‌ها را به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه خشک و آسیاب شده و سپس در کوره در دمای ۶۰۰ درجه قرار داده شد و میزان خاکستر آن‌ها محاسبه گردید و سپس میزان روی، مس، منگنز و آهن موجود در خاکستر استخوان با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد (Liu *et al.*, 2000). مقادیر فسفر نمونه‌ها با استفاده از روش رنگ‌سنجی با معرف مولیبدات-وانادات و در طول موج ۴۲۰ نانومتر با استفاده از دستگاه طیف‌سنج نوری (اسپکتروفتومتر) و میزان کلسیم استخوان نیز به‌روش عیارسنجی (تیتراسیون) اندازه‌گیری شد (Gordonand Roland, 1998).

آنالیز آماری

نتایج به‌دست آمده از آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی به‌روش فاکتوریل با استفاده از نرم‌افزار SAS ویرایش 9.3 (2003) روش مدل عمومی خطی (GLM) تجزیه و تحلیل آماری شدند. میانگین‌های مربوطه با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ($P< 0.05$) مورد مقایسه قرار گرفتند. برای بررسی رگرسیون معنی‌دار بین سطوح متفاوت مواد معدنی و صفات مورد بررسی از ضرایب چند جمله‌ای متعامد (Orthogonal polynomial) استفاده شد.

مدل آزمایشی به‌صورت زیر بود.

$$Y_{ijk}= \mu+A_i+B_j+AB_{ij}+e_{ijk}$$ معادله (۲)

که در آن، Y_{ijk}: مقدار هر مشاهده، μ: میانگین صفت مورد اندازه‌گیری، A_i: اثر منبع، B_j: اثر سطح، AB_{ij}: اثر متقابل منبع در سطح و e_{ijk}: اثر خطای آزمایشی است.

نتایج و بحث

اثر سطوح مختلف مواد معدنی آلی و معدنی روی، مس، منگنز و آهن بر عملکرد مرغ گوشتی سویه راس ۳۰۸ در دو دوره رشد و پایانی و همچنین کل دوره آزمایش در جدول ۳ گزارش شده است. نتایج نشان داد که اثر سطح مصرف مواد معدنی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد در سه دوره رشد، پایانی و کل دوره آزمایش داشت (P<۰/۰۵)، ولی منبع ماده معدنی مورد استفاده (آلی یا معدنی) تأثیری بر این مؤلفه‌ها نداشت (جدول ۲ پیوست). اثرات متقابل منبع و سطح ماده معدنی نیز اثر معنی‌داری بر افزایش وزن بدن، مصرف خوراک و ضریب تبدیل خوراک در هر سه دوره داشتند. در دوره رشد، بیشترین افزایش وزن بدن مربوط به گروه‌های دریافت‌کننده ۱۲۰، ۱۰۰، ۸۰ درصد احتیاجات مواد معدنی آلی و ۱۲۰ درصد احتیاجات مواد معدنی از منبع غیرآلی بود (P<۰/۰۵). بیشترین مصرف خوراک روزانه در دوره رشد مربوط به گروه دریافت‌کننده ۴۰ درصد احتیاجات مواد معدنی غیرآلی و آلی بود و کمترین، مربوط به گروه‌های ۸۰، ۱۰۰، ۱۲۰ غیرآلی و ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ آلی بود (P<۰/۰۵). در دوره رشد ضریب تبدیل خوراک

در گروه‌های دریافت‌کننده ۴۰ درصد آلی و ۴۰ درصد معدنی به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر گروه‌ها بود و کمترین آن مربوط به گروه‌های تغذیه‌شده با ۱۲۰، ۱۰۰ و ۸۰ درصد احتیاجات مواد معدنی آلی و معدنی بود. در دوره پایانی، بیشترین افزایش وزن بدن روزانه مربوط به گروه‌های تغذیه‌شده با ۱۲۰،۱۰۰، ۸۰ درصد احتیاجات مواد معدنی آلی و ۱۲۰ و ۱۰۰ درصد احتیاجات مواد معدنی غیرآلی بود که اختلاف معنی‌داری با سایر گروه‌ها داشت. در دوره پایانی، بیشترین میزان مصرف خوراک روزانه در گروه‌های دریافت‌کننده ۴۰ و ۶۰ درصد احتیاجات مواد معدنی از منبع غیرآلی و ۴۰ درصد احتیاجات توصیه‌شده از منبع آلی بود (P<۰/۰۵). در کل دوره آزمایش (۴۲-۱۱ روزگی)، افزایش روزانه وزن بدن به‌طور معنی‌داری در گروه‌های دریافت‌کننده ۱۲۰ و ۱۰۰ درصد احتیاجات مواد معدنی آلی و ۱۲۰ درصد احتیاجات مواد معدنی غیرآلی بیشتر از سایر گروه‌ها مشاهده شد. بیشترین میزان مصرف خوراک روزانه مربوط به گروه دریافت‌کننده ۴۰ و ۶۰ درصد احتیاجات مواد معدنی از مواد غیرآلی بود که اختلاف معنی‌داری با سایر گروه‌ها داشت. در خصوص ضریب تبدیل خوراک در کل دوره آزمایش، کمترین ضریب تبدیل خوراک مربوط به گروه‌های دریافت‌کننده ۱۲۰، ۱۰۰ درصد احتیاجات مواد معدنی آلی و ۱۲۰ درصد احتیاجات مواد معدنی غیرآلی بود. باتوجه به نتایج به‌دست آمده، منابع مورد استفاده در کل دوره آزمایشی اثر معنی‌داری بر صفات عملکردی نداشتند، امّا اثر سطوح مورد استفاده معنی‌دار بود.

مطالعات بسیاری، اثر سطوح و منابع مختلف مواد معدنی و آلی را بر عملکرد مرغ گوشتی مورد بررسی قرار داده‌اند. در مطالعه انجام‌شده در سال ۲۰۲۰، ویرا و همکاران گزارش کردند که استفاده از مواد معدنی آلی حتی در سطوح پایین‌تر در مقایسه با مواد معدنی غیرآلی با سطوح برابر و بالاتر سبب بهبود وزن بدن و ضریب تبدیل خوراک گردید (Vieira *et al.*, 2020). در مطالعه‌ای دیگر گزارش شد که استفاده از مکمل کیلاته مس- متیونین و مس- پروپیونات در دوره آغازین تأثیر معنی‌داری بر افزایش وزن بدن نداشت، امّا در دوره رشد سبب افزایش وزن بدن مرغ‌های گوشتی گردید (Deo *et al.*, 2018). عبدالله و همکاران (Abdallah *et al.*, 2014) نیز گزارش کردند که تغذیه مرغ گوشتی با ۱۰۰ درصد مواد معدنی آلی (روی، مس، منگنز و آهن) در مقایسه با گروه تغذیه‌شده با ۵۰ درصد مواد معدنی آلی و ۵۰ درصد مواد معدنی غیرآلی و همچنین گروه تغذیه‌شده با ۱۰۰ مواد معدنی غیرآلی در ۳۵ روزگی، وزن بدن را به‌طور قابل توجهی افزایش داد. در تحقیقی دیگر نشان داده شد که افزودن سطوح پایین‌تر مواد معدنی آلی روی، مس و منگنز در جیره نسبت به گروه شاهد سبب افزایش وزن بدن مرغ‌های گوشتی گردید (Aksu *et al.*, 2011).

در جدول ۴، اثر متقابل منبع و سطح ماده معدنی بر فراسنجه‌های خونی مرغ گوشتی سویه راس ۳۰۸ گزارش شده است. سطح فراسنجه‌های مورد آزمایش (گلوکز، پروتئین کل، آلبومین، اوریک اسید، آلکالین فسفاتاز، مالون‌دی‌آلدئید و کاتالاز) تحت تأثیر منبع ماده معدنی یا سطوح آن و همچنین اثرات متقابل آن‌ها قرار نگرفت و اثر معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳ پیوست). در مطالعه‌ای که حاجی‌لاری و همکاران (Hajilari *et al.*, 2018) به بررسی مقایسه اثرات مس و روی آلی و غیرآلی در سطح ۱۰۰ درصد احتیاجات در جیره مرغ گوشتی پرداختند، گزارش کردند که افزودن مس و روی آلی در مقایسه با مس و روی غیرآلی سبب کاهش معنی‌دار غلظت کلسترول شد، امّا تأثیر معنی‌داری در غلظت خونی پروتئین‌کل و تری‌گلیسرید نداشت. کونگ و همکاران (Kong *et al.*, 2022) بیان کردند که تغذیه مواد معدنی ضروری آلی به مرغ گوشتی در کاهش سطح کلسترول تام مؤثرتر از مصرف اشکال غیرآلی بود. در مطالعه‌ای دیگر، اثر روی آلی بر عملکرد و فراسنجه‌های خونی مورد بررسی قرار گرفت و گزارش شد که سطوح مختلف روی آلی، اثر معنی‌داری بر میزان آلبومین، پروتئین کل، اسید اوریک، گلوکز و کلسترول خون نداشت (Salim *et al.*, 2011).

اثرات متقابل منابع و سطوح مختلف روی، مس، منگنز و آهن بر ذخایر معدنی استخوان درشتنی در مرغ‌های راس ۳۰۸ در جدول ۵ گزارش شده است. اثر سطح مورد استفاده تأثیر معنی‌داری بر ذخایر روی، مس، منگنز و آهن در استخوان درشت نی داشتند (جدول ۴ پیوست). در مورد روی، اثر متقابل منبع و سطح مکمل‌های معدنی تأثیر معنی‌داری بر محتوای روی استخوان داشت (P<۰/۰۵). مرغ‌های تغذیه‌شده با ۱۲۰ و ۱۰۰ درصد احتیاجات، بیشترین میزان روی ذخیره‌شده در استخوان را داشتند که اختلاف آن با سایر سطوح معنی‌دار بود، همچنین گروه تغذیه‌شده با ۸۰ درصد احتیاجات روی آلی، ذخیره استخوانی بیشتری نسبت به گروه ۸۰ درصد روی غیرآلی داشت (P<۰/۰۵). میزان ذخیره مس، منگنز و آهن استخوان در گروه‌های تغذیه‌شده با ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد احتیاجات در هر دو منبع غیرآلی و منبع آلی به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر گروه‌ها بود (P<۰/۰۵). نتایج بررسی روابط رگرسیون بین سطوح مصرف مواد معدنی و محتوای آن‌ها در استخوان نشان می‌دهد که در مورد عناصر روی، منگنز و آهن با افزایش مصرف، میزان آن در استخوان به‌صورت خطی افزایش می‌یابد، ولی در مورد مس این ارتباط از نوع درجه دو است (P<۰/۰۵) و از ۸۰ درصد به بالاتر، افزایشی در محتویات مس استخوان مشاهده نخواهد شد. مس، منگنز، روی و آهن برای رشد، توسعه و سلامت استخوان مورد نیاز می‌باشد (Beattie and Avenell, 1992).

جدول ۳- اثرات مکمل آلی و معدنی بر عملکرد رشد مرغ‌های گوشتی در دوره رشد و پایانی

Table 3- The effects of inorganic and organic supplements on the growth performance of broiler chickens in the growing and finishing periods

متغیر Item	سطوح Level	دوره رشد Grower period			دوره پایانی Finisher period			کل دوره پرورشی Whole period		
		افزایش وزن بدن Body weight gain	مصرف خوراک Feed intake	ضریب تبدیل خوراک Feed conversion ratio	افزایش وزن بدن Body weight gain	مصرف خوراک Feed intake	ضریب تبدیل خوراک Feed conversion ratio	افزایش وزن بدن Body weight gain	مصرف خوراک Feed intake	ضریب تبدیل خوراک Feed conversion ratio
مکمل غیرآلی Inorganic mineral	40	41.72^{d}	71.67^{a}	1.72^{a}	65.18^{c}	134.80^{a}	2.06^{a}	55.65^{d}	109.15^{a}	1.96^{a}
	60	42.02^{d}	69.64^{ab}	1.67^{b}	67.59^{c}	133.07^{ab}	1.97^{b}	57.20^{d}	107.30^{ab}	1.88^{b}
	80	43.46^{bcd}	68.06^{bc}	1.57^{c}	73.61^{b}	131.60^{bc}	1.79^{c}	61.36^{c}	105.79^{cde}	1.72^{c}
	100	44.89^{bc}	67.36^{c}	1.53^{cd}	74.82^{ab}	131.42^{c}	1.76^{c}	62.25^{bc}	105.40^{de}	1.69^{c}
	120	44.79^{abc}	67.28^{c}	1.50^{de}	74.87^{ab}	130.21^{c}	1.74^{c}	62.65^{bc}	104.64^{e}	1.67^{cd}
مکمل آلی Organic mineral	40	41.93^{d}	70.98^{a}	1.69^{ab}	67.09^{c}	133.64^{ab}	1.99^{ab}	56.87^{d}	108.18^{ab}	1.90^{ab}
	60	43.12^{cd}	68.16^{bc}	1.58^{c}	73.58^{b}	132.24^{bc}	1.80^{c}	61.20^{c}	106.20^{cd}	1.73^{b}
	80	44.10^{abc}	67.35^{c}	1.53^{cd}	75.49^{ab}	130.68^{c}	1.73^{cd}	62.74^{c}	104.95^{de}	1.67^{bc}
	100	44.88^{ab}	66.74^{c}	1.49^{de}	76.97^{a}	130.34^{c}	1.69^{d}	63.93^{ab}	104.50^{e}	1.63^{cd}
	120	45.78^{a}	66.54^{c}	1.45^{de}	77.31^{a}	130.29^{c}	1.68^{d}	64.50^{a}	104.39^{e}	1.62^{d}
خطای استاندارد SEM		0.362	0.425	0.012	0.653	0.482	0.018	0.417	0.322	0.014
احتمال سطح معنی‌داری P value										
کل Total		0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
منبع Source		0.8356	0.6891	0.2489	0.2588	0.1492	0.2119	0.5188	0.3598	0.2148
سطح level		0.0428	0.0092	0.0367	0.0638	0.0596	0.0280	0.0382	0.0024	0.0180
سطح × منبع Source × level		0.2148	0.3212	0.1515	0.3128	0.3519	0.3890	0.0351	0.0925	0.1692
مقایسه مستقل Contrast										
خطی Liner		0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
درجه دوم Quadratic		0.8849	0.0053	0.0120	0.0005	0.2080	0.0001	0.0012	0.0099	0.0001
درجه سوم Qubic		0.2385	0.8459	0.1185	0.0352	0.4071	0.0221	0.0191	0.4005	0.0134

a-b میانگین‌ها در هر ستون با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشند (P<۰/۰۵).

a-b Means with different letters within a column are significantly different ($P < 0.05$).

در این راستا، محققان گزارش کردند که استفاده از مکمل منگنـر، روی، مس و آهن در جیره مرغ گوشتی در بازه زمـانی ۱ الـی ۳۵ روز میزان مس، منگنز و روی استخوان درشت‌نی را در مقایسـه بـا گـروه شاهد افـزایش داد، امّـا تـأثیر معنـی‌داری بـر میـزان آهـن اسـتخوان درشت‌نی ایجاد نکرد (Bao *et al.*, 2009). در مطالعه دیگری، بـائو و همکاران (Bao *et al.*, 2007) گـزارش کردنـد کـه افـزودن سـطوح پایین‌تر از احتیاجات توصیه‌شده از فرم آلی عناصر مس، منگنز، روی و آهن در جیره جوجه‌های گوشتی، باعث افـزایش میـزان ذخیره‌سـازی این عناصر در استخوان درشت نی نسبت به فرم غیرآلی شد. محققان با بررسی اثرات سطوح مختلف مکمل معدنی آلی و غیرآلـی در جیـره گزارش دادند که استفاده از شکل آلی روی، مس و منگنـز بـا مقـادیر ۱۱۰، ۱۶ و ۱۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم در مقایسه با منبع غیرآلی آن‌ها سبب افزایش مقدار منگنز و مس استخوان درشت‌نی مرغ گوشتی شد (Hajilari *et al.*, 2018). همچنین محققان بیان کردند کـه اسـتفاده از مکمل معدنی آلی و غیرآلی، تـأثیر معنـی‌داری بـر میـزان کلسـیم، فسفر، روی، آهن و مس استخوان درشت‌نی ندارد، امّـا میـزان منگنـز

استخوان درشت‌نی در اثر افزودن مکمل معدنی به‌فرم غیرآلی بیشتر از فرم آلی بود (M'Sadeq *et al*., 2018).

جدول ٤- اثرات مکمل آلی و معدنی بر فراسنجه‌های خونی مرغ‌های گوشتی در دوره رشد و پایانی

Table 4- The effects of inorganic and organic supplements on the blood parameters of broiler chickens in the growing and finishing periods

متغیر Item	سطوح level	گلوکز Glucose (mg/dl)	پروتئین کل Protein total (mg/dl)	آلبومین Albumin (mg/dl)	اوریک اسید Uric acid (mg/dl)	آلکالین فسفاتاز ALP(U/l)	مالون دی‌آلدئید MDA (μmol/l)	کاتالاز CAT (U/l)
مکمل غیرآلی Inorganic mineral	40	210	5.86	2.068	0.592	57.0	8.8	5.356
	60	215	5.78	2.248	0.574	59.0	8.902	5.696
	80	211.2	5.78	2.108	0.594	58.0	9.094	5.278
	100	204.8	5.76	2.066	0.62	52.6	9.14	5.72
	120	214.6	5.82	2.132	0.604	54.2	9.138	5.252
مکمل آلی Organic mineral	40	198.6	5.82	2.128	0.634	61.2	8.616	5.678
	60	211.2	5.86	2.090	0.572	60.2	9.068	5.55
	80	210.4	5.76	2.042	0.626	57.4	9.356	5.572
	100	198.8	5.90	2.136	0.60	55.8	9.43	5.55
	120	221.4	5.70	2.17	0.574	54.0	9.116	5.628
خطای استاندارد SEM		5.572	0.177	0.053	0.021	2.985	0.244	0.278
احتمال سطح معنی‌داری P-Value								
کل Total		0.1352	0.9992	0.2790	0.3691	0.5498	0.4635	0.9345
منبع Source		0.3659	0.3495	0.3485	0.3598	0.3648	0.2849	0.6589
سطح Level		0.7589	0.2147	0.1158	0.2548	0.7586	0.6289	0.5248
سطح × منبع Source × level		0.6258	0.5257	0.6627	0.8249	0.6254	0.1587	0.6257
مقایسه مستقل Contrast								
خطی Liner		0.4409	0.7061	0.5401	0.2755	0.2938	0.2735	0.5906
درجه دوم Quadratic		0.3125	0.8668	0.0420	0.3019	0.2223	0.9092	0.8553
درجه سوم Qubic		0.8048	0.8999	0.0845	0.7355	0.9170	0.8299	0.2004

ALP: آلکالین فسفاتاز، MDA: مالون دی‌آلدئید، CAT: کاتالاز

ALP: alkaline phosphatase; MDA: malondialdehyde; CAT: catalase

اثرات متقابل منابع و سطوح مختلف مواد معدنی (روی، مس، منگنز و آهن) بر خصوصیات فیزیکی استخوان درشت‌نی مرغ‌های گوشتی در جدول ۶ گزارش شده است. طول، قطر، خاکستر، سختی و خمش استخوان تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت. اثرات متقابل منبع و سطح مواد معدنی، اثرات معنی‌داری بر درصد ماده خشک، وزن مخصوص و انرژی شکست داشت ($P<0.05$). بیشترین وزن مخصوص استخوان مربوط به گروه‌های تغذیه‌شده با ۱۰۰، ۱۲۰ درصد احتیاجات مواد معدنی با منبع آلی و ۱۲۰، ۱۰۰ و ۸۰ درصد احتیاجات با منبع غیرآلی و کمترین مقدار در گروه‌های تغذیه‌شده با ۴۰ و ۶۰ درصد منابع غیرآلی مس، روی، منگنز و آهن به‌دست آمد که اختلاف معنی‌دار بود. بیشترین درصد ماده خشک استخوان مربوط به گروه‌های دریافت‌کننده ۱۰۰، ۱۲۰ درصد احتیاجات منبع غیرآلی و آلی و کمترین میزان نیز در گروه دریافت‌کننده ۴۰ و ۶۰ درصد احتیاجات مواد معدنی آلی و غیرآلی مشاهده شد. انرژی شکست در گروه‌های تغذیه‌شده با ۱۲۰، ۱۰۰ و ۸۰ درصد احتیاجات در منابع آلی و غیرآلی بیشتر بود، به‌طوری‌که در هر دو منبع با افزایش سطح مواد معدنی، انرژی شکست به‌صورت خطی افزایش پیدا کرد ($P<0.05$) این تأثیر در میانگین انرژی شکست استخوان پرندگان مصرف‌کننده سطوح مختلف مواد معدنی قابل مشاهده است ($P<0.05$).

جدول ۵- اثرات مکمل آلی و معدنی بر مواد معدنی استخوان درشت نی مرغ‌های گوشتی در دوره رشد و پایانی

Table 5- The effects of inorganic and organic supplements on the mineral contents of broiler chickens in the growing and finishing periods

متغیر Item	سطوح Level	کلسیم Calcium (ppm)	فسفر Phosphorus (ppm)	روی Zinc (ppm)	مس Copper (ppm)	منگنز Manganese (ppm)	آهن Iron (ppb)
مکمل غیرآلی Inorganic mineral	40	36.54	18.37	79.93[e]	0.43[d]	1.87[c]	81.71[d]
	60	36.70	16.99	80.80[de]	0.51[bc]	2.04[bc]	85.71[cd]
	80	35.53	17.20	83.14[c]	0.58[a]	2.57[a]	116.87[b]
	100	36.65	17.01	86.49[ab]	0.57[a]	2.67[a]	139.23[a]
	120	36.94	17.19	86.96[a]	0.55[a]	2.70[a]	143.15[a]
مکمل آلی Organic mineral	40	36.68	16.76	79.14[e]	0.44[d]	1.84[c]	88.99[cd]
	60	36.55	16.93	81.91[dc]	0.49[c]	1.88[c]	101.02[bc]
	80	37.26	16.80	85.03[b]	0.50[bc]	2.19[b]	139.50[a]
	100	37.09	16.93	87.34[a]	0.55[a]	2.63[a]	142.59[a]
	120	37.03	16.91	87.03[a]	0.55[a]	2.67[a]	132.96[a]
خطای استاندارد SEM		0.363	0.524	0.623	0.013	0.061	5.586
احتمال سطح معنی‌داری P-Value							
کل Total		0.8482	0.6307	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
منبع Source		0.8579	0.5518	0.4194	0.4928	0.4219	0.2519
سطح Level		0.8254	0.5269	0.0001	0.0018	0.0418	0.0189
سطح × منبع Source × level		0.6851	0.06254	0.0234	0.0965	0.2358	0.1453
مقایسه مستقل Contrast							
خطی Liner		0.9214	0.1068	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
درجه دوم Quadratic		0.9560	0.2680	0.0567	0.0030	0.0628	0.1103
درجه سوم Qubic		0.7025	0.4015	0.8693	0.2839	0.0145	0.1620

[a-b] میانگین‌ها در هر ستون با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشند (P<۰/۰۵).

[a-b] Means with different letters within a column are significantly different ($P < 0.05$)

در مطالعه‌ای گزارش شد که جوجه‌هایی که با ۵۰ درصد سطح توصیه‌شده با مکمل روی، منگنز و مس آلی تغذیه شدند در مقایسه با جوجه‌های تغذیه‌شده با ۱۰۰ درصد احتیاجات توصیه‌شده با مکمل روی، منگنز و مس غیرآلی تا سن ۳۵ روزگی، تأثیری بر وزن، طول و قطر درشت نی مشاهده نشد (El-Husseiny *et al.*, 2012). گزارش شده است که استفاده از مکمل‌های معدنی (مس، روی، ید، سلنیوم و منگنز) به فرم‌های آلی و غیرآلی در جیره مرغ گوشتی نتوانسته است تأثیر معنی‌داری بر وزن، طول، عرض، استحکام استخوان درشت نی داشته باشد (M'Sadeq *et al.*, 2018). محققان گزارش کردند که استفاده از شکل آلی روی، مس و منگنز به‌ترتیب با مقادیر ۱۱۰، ۱۶ و ۱۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم جیره نسبت به فرم غیرآلی، به‌طور معنی‌داری باعث افزایش طول و وزن استخوان درشت نی شد (Hajilari *et al.*, 2018). بائو و همکاران (Bao *et al.*, 2007) گزارش کردند که پرندگان تغذیه‌شده با سطوح کافی مس، آهن و روی تأثیر معنی‌داری بر عرض و استحکام استخوان درشت نی نداشت. در مطالعه بائو و همکاران (Bao *et al.*, 2009) نشان داده شد که استفاده از مس، آهن و روی به‌تنهایی تأثیر معنی‌داری بر استحکام استخوان درشت نی نداشت، امّا استفاده همزمان این مکمل‌ها به‌طور معنی‌داری سبب بهبود عرض و استحکام استخوان درشت نی شد.

جدول ٦- اثرات مکمل آلی و معدنی بر خصوصیات فیزیکی استخوان درشت نی مرغ‌های گوشتی در دوره رشد و پایانی

Table 6- the effects of inorganic and organic supplements on the physical property of tibia bone in broiler chickens in the growing and finishing periods

متغیر Item	سطوح Level	ماده خشک Dray matter (%)	وزن مخصوص Weight (N/m^3)	طول Length (mm)	قطر Diameter (mm)	خاکستر Ash (%)	سختی Stifness (N/mm)	خمش Fracture deflection (mm)	انرژی شکست Shear force (N/m^2)
مکمل غیرآلی Inorganic mineral	40	44.40[c]	1.086[bc]	68.02	8.77	22.81	197.73	2.51	0.477[c]
	60	46.95[c]	1.082[bc]	69.83	9.65	20.96	219.85	2.70	0.511[c]
	80	50.82[ab]	1.094[abc]	69.91	8.96	21.29	234.10	2.58	0.532[ab]
	100	50.43[abc]	1.124[ab]	68.85	9.54	22.24	217.00	2.52	0.524[ab]
	120	50.78[abc]	1.113[ab]	72.21	9.78	21.70	220.13	2.73	0.530[a]
مکمل آلی Organic mineral	40	47.41[bc]	1.096[abc]	68.70	9.59	22.88	243.42	3.98	0.481[bc]
	60	51.51[ab]	1.078[bc]	69.46	9.42	18.75	212.24	2.22	0.522[b]
	80	52.96[ab]	1.073[c]	67.88	9.60	22.88	235.95	2.92	0.527[ab]
	100	53.10[ab]	1.116[ab]	69.68	9.55	20.64	215.36	2.01	0.542[a]
	120	54.22[a]	1.135[a]	70.24	9.39	20.41	243.52	2.57	0.537[a]
خطای استاندارد SEM		1.84	0.01	1.05	0.22	1.32	16.24	0.24	0.0125
احتمال سطح معنی‌داری P-Value									
کل Total		0.0508	0.0373	0.2180	0.0618	0.4542	0.5867	0.4880	0.0055
منبع Source		0.2951	0.5127	0.6719	0.4895	0.0625	0.1580	0.7824	0.0514
سطح Level		0.0267	0.0624	0.3495	0.5290	0.6281	0.3521	0.2864	0.0182
سطح × منبع Source × level		0.2807	0.2381	0.5270	0.4489	0.4621	0.2589	0.5291	0.0462
مقایسه مستقل Contrast									
Liner		0.5420	0.0537	0.5881	0.1145	0.8154	0.3269	0.9346	0.0113
Quadratic		0.1083	0.2420	0.1816	0.5069	0.2981	0.2347	0.5993	0.1420
Qubic		0.0852	0.9622	0.9030	0.0069	0.7926	0.7472	0.7232	0.7179

[a-b] میانگین‌ها در هر ستون با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشند (P<۰/۰۵).

[a-b] Means with different letters within a column are significantly different ($P < 0.05$)

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که استفاده از منابع و سطوح مختلف احتیاجات توصیه‌شده بر عملکرد، ذخیره مواد معدنی استخوان و خصوصیات فیزیکی استخوان اثرات معنی‌داری داشت. کمترین ضریب تبدیل خوراک در کل دوره پرورش مربوط به گروه‌های دریافت‌کننده ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد احتیاجات از منابع آلی و معدنی بود. افزایش وزن روزانه در گروه‌های دریافت‌کننده ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد احتیاجات توصیه‌شده مواد معدنی آلی به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر گروه‌ها بود. به‌طور کلی، در خصوص روی، مس، منگنز و آهن ذخیره شده در استخوان در گروه‌های دریافت‌کننده ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد احتیاجات توصیه‌شده مواد معدنی آلی و ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد احتیاجات توصیه‌شده غیرآلی به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر گروه‌ها بود. انرژی شکست در گروه‌های دریافت‌کننده مواد معدنی آلی در سطوح ۱۲۰، ۱۰۰ و ۸۰ آلی و غیرآلی به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر گروه‌ها بود. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، استفاده از ۸۰ درصد مواد معدنی به‌شکل آلی به‌دلیل ایجاد عملکرد مشابه با ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد احتیاجات منابع آلی و غیرآلی توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از دانشگاه فردوسی مشهد جهت حمایت‌های فنی و مالی در این طرح سپاسگزاری می‌گردد. همچنین از آقای دکتر حمیدرضا سلیمان‌پور لیچایی و آقای سبحانی به‌خاطر تأمین مواد اولیه

این پژوهش قدردانی می‌شود.

References

1. Abdallah, A. G., Khalil, H. M., El-Sahn, A. A., El-Saadany, A. S., Shreif, E. Y., & El-Salam, A. (2014). Effect of supplementing organic minerals (zinc, manganese, iron, copper and selenium) on productive, reproductive and immune performance of Gimmizah chickens. *Egyptian Poultry Science Journal*, *34*(4).
2. Aksu, T., Ozsoy, B., Aksu, D., Yörük, M., & Gül, M. (2011). The effects of lower levels of organically complexed zinc, copper and manganese in broiler diets on performance, mineral concentration of tibia and mineral excretion. *Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi*, *17*, 141-146. https://doi.org/10.9775/kvfd.2010.2735
3. Asmundson, V. S., & Baker, G. A. (1940). Percentage shell as a function of shell thickness, egg volume, and egg shape. *Poultry Science*, *19*(4), 227-232. http://doi.org/10.3382/ps.0190227
4. Bao, Y. M., Choct, M., Iji, P. A., & Bruerton, K. (2007). Effect of organically complexed copper, iron, manganese, and zinc on broiler performance, mineral excretion, and accumulation in tissues. *Journal of Applied Poultry Research*, *16*(3), 448-455. http://doi.org/10.1093/japr/16.3.448
5. Bao, Y. M., Choct, M., Iji, P. A., & Bruerton, K. (2009). Optimal dietary inclusion of organically complexed zinc for broiler chickens. *British Poultry Science*, *50*(1), 95-102. http://doi.org/10.1080/00071660802590377
6. Beattie, J. H., & Avenell, A. (1992). Trace element nutrition and bone metabolism. *Nutrition Research Reviews*, *5*(1), 167-188. http://doi.org/10.1079/NRR19920013
7. Deo, C., Mandal, A. B., & Tyagi, P. K. (2018). Response of supplementary sources and levels of copper in diet on the performance of broiler chickens. *Animal Nutrition and Feed Technology*, *18*(1), 89-96. http://doi.10.5958/0974-181X.2018.00008.2
8. Dobrzañski, Z., Korczyñski, M., Chojnacka, K., Górecki, H., & Opaliñski, S. (2008). Influence of organic forms of copper, manganese and iron on bioaccumulation of these metals and zinc in laying hens. *Journal of Elementology*, *13*(3), 309-319.
9. Echeverry, H., Yitbarek, A., Munyaka, P., Alizadeh, M., Cleaver, A., Camelo-Jaimes, G., & Rodriguez-Lecompte, J. C. (2016). Organic trace mineral supplementation enhances local and systemic innate immune responses and modulates oxidative stress in broiler chickens. *Poultry Science*, *95*(3), 518-527. http://doi.org/10.3382/ps/pev374
10. El-Husseiny, O. M., Hashish, S. M., Ali, R. A., Arafa, S. A., Abd El-Samee, L. D., & Olemy, A. A. (2012). Effects of feeding organic zinc, manganese and copper on broiler growth, carcass characteristics, bone quality and mineral content in bone, liver and excreta. *International Journal of Poultry Science*, *11*(6), 368. https://doi.org/10.3923/ijps.2012.368.377
11. Ghasemi, H. A., Hajkhodadadi, I., Hafizi, M., Taherpour, K., & Nazaran, M. H. (2020). Effect of advanced chelate technology based trace minerals on growth performance, mineral digestibility, tibia characteristics, and antioxidant status in broiler chickens. *Nutrition and Metabolism*, *17*, 1-12. http://doi.org/10.1186/s12986-020-00520-5
12. Gordon, R. W., & Roland Sr, D. A. (1998). Influence of supplemental phytase on calcium and phosphorus utilization in laying hens. *Poultry Science*, *77*(2), 290-294. http://doi.org/10.1093/ps/77.2.290
13. Hajilari, D., Shams Shargh, M., & Ashayerizade, O. (2019). Effects of various levels of organic and inorganic trace minerals on performance, carcass characteristics and blood parameters of broiler chickens. *Animal Sciences Journal*, *32*(124), 3-16. http://doi.org/10.22092/asj.2018.121016.1655
14. Hussein, H. A., & Staufenbiel, R. (2012). Variations in copper concentration and ceruloplasmin activity of dairy cows in relation to lactation stages with regard to ceruloplasmin to copper ratios. *Biological Trace Element Research*, *146*, 47-52. http://doi.org/10.1007/s12011-011-9226-3
15. Kocabagli, N. (2001). The effect of dietary phytase supplementation at different levels on tibial bone characteristics and strength in broilers. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, *25*(5), 797-802.
16. Kong, J., Qiu, T., Yan, X., Wang, L., Chen, Z., Xiao, G., & Zhang, H. (2022). Effect of replacing inorganic minerals with small peptide chelated minerals on production performance, some biochemical parameters and antioxidant status in broiler chickens. *Frontiers in Physiology*, *13*, 1027834. http://doi.org/10.3389/fphys.2022.1027834
17. Liu, J. F., Jiang, G. B., & Feng, Y. D. (2000). Flow injection spectrophotometric determination of copper, iron, manganese, and zinc in animal feeds using a common manifold. *Journal of AOAC International*, *83*(6), 1293-1298. http://doi.org/10.1093/jaoac/83.6.1293

18. M'Sadeq, S. A., Wu, S. B., Choct, M., & Swick, R. A. (2018). Influence of trace mineral sources on broiler performance, lymphoid organ weights, apparent digestibility, and bone mineralization. *Poultry Science*, *97*(9), 3176-3182. http://doi.org/10.3382/ps/pey197
19. Nollet, L., Van der Klis, J. D., Lensing, M., & Spring, P. (2007). The effect of replacing inorganic with organic trace minerals in broiler diets on productive performance and mineral excretion. *Journal of Applied Poultry Research*, *16*(4), 592-597. http://doi.org/10.3382/japr.2006-00115
20. Olgun, O. (2017). Manganese in poultry nutrition and its effect on performance and eggshell quality. *World's Poultry Science Journal*, *73*(1), 45-56. http://doi.org/10.1017/S0043933916000891
21. Olivares, M., Pizarro, F., & Ruz, M. (2007). Zinc inhibits nonheme iron bioavailability in humans. *Biological Trace Element Research*, *117*, 7-14.http://.doi.org/10.1007/BF02698079
22. Salim, H. M., Lee, H. R., Jo, C., Lee, S. K., & Lee, B. D. (2012). Effect of sex and dietary organic zinc on growth performance, carcass traits, tissue mineral content, and blood parameters of broiler chickens. *Biological Trace Element Research*, *147*, 120-129. http://doi.org/10.1007/s12011-011-9282-8
23. Suttle, N. F. (2022). *Mineral Nutrition of Livestock*. Cabi. 194. http://doi.org/10.1079/9781845934729.0000
24. tom Dieck, H., Doring, F., Roth, H. P., & Daniel, H. (2003). Changes in rat hepatic gene expression in response to zinc deficiency as assessed by DNA arrays. *The Journal of Nutrition*, *133*(4), 1004-1010. http://doi.org/10.1093/jn/133.4.1004
25. Vieira, R., Ferket, P., Malheiros, R., Hannas, M., Crivellari, R., Moraes, V., & Elliott, S. (2020). Feeding low dietary levels of organic trace minerals improves broiler performance and reduces excretion of minerals in litter. *British Poultry Science*, *61*(5), 574-582. http://doi.org/10.1080/00071668.2020.1764908
26. Winiarska-Mieczan, A., Mieczan, T., & Wójcik, G. (2020). Importance of redox equilibrium in the pathogenesis of psoriasis—impact of antioxidant-rich diet. *Nutrients*, *12*(6), 1841. https://doi.org/10.3390/nu12061841
27. Wołonciej, M., Milewska, E., & Roszkowska-Jakimiec, W. (2016). Trace elements as an activator of antioxidant enzymes. *Advances in Hygiene and Experimental Medicine*, *70*, 1483-1498. https://doi.org/10.5604/17322693.1229074
28. Zhu, Z., Yan, L., Hu, S., An, S., Lv, Z., Wang, Z., & Zhang, A. (2019). Effects of the different levels of dietary trace elements from organic or inorganic sources on growth performance, carcass traits, meat quality, and faecal mineral excretion of broilers. *Archives of Animal Nutrition*, *73*(4), 324-337. http://doi.org/10.1080/1745039X.2019.1620050